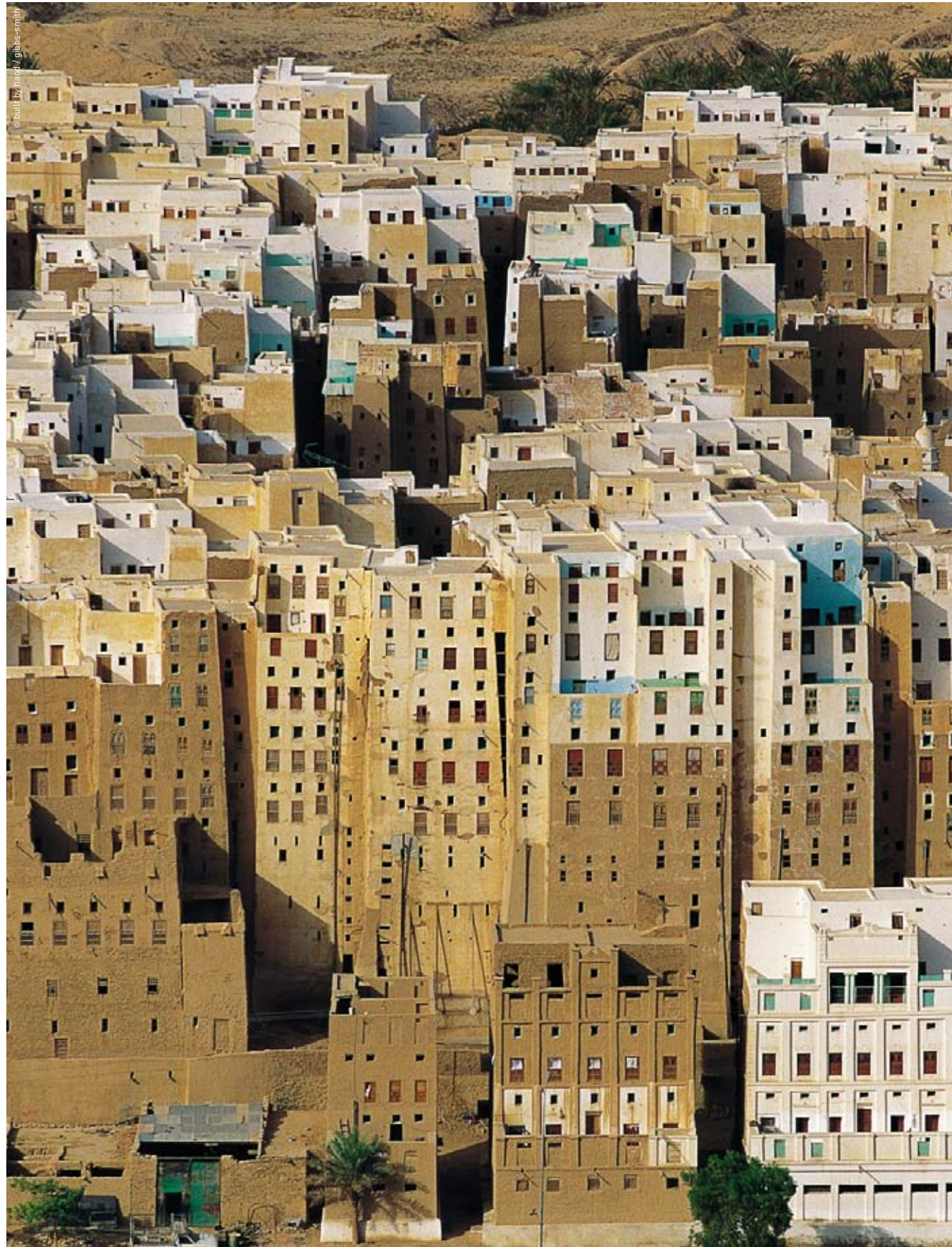




**Construire
en terre**



SHIBAM, YÉMEN

Baptisée Manhattan du désert, la ville a été édifiée au ^{xv}^e siècle, intégralement en briques de terre moulées.

Sur les traces d'un patrimoine mondial

Environ 20% des biens architecturaux et urbains classés au patrimoine mondial de l'Unesco sont des ouvrages en terre crue. Emblèmes de nombreuses cultures, les formes et la pérennité exceptionnelles des édifices ont joué un rôle décisif dans le prestige d'ethnies africaines, moyen-orientales ou encore asiatiques.



FALAISE DE BANDIAGARA, MALI

Ces greniers du pays Dogon sont naturellement protégés par le surplomb rocheux de la montagne.



GRENIER À CÉRÉALES, NIGER

Ce grenier s'élève à 5 mètres de haut. Son épaisseur n'excède pas 10 centimètres, grâce à un ajout de paille longue qui augmente la résistance en traction.



LE KSAR D'AÏT-BEN-HADDOU, MAROC

Dans la province de Ouarzazate, le Ksar est inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1987.



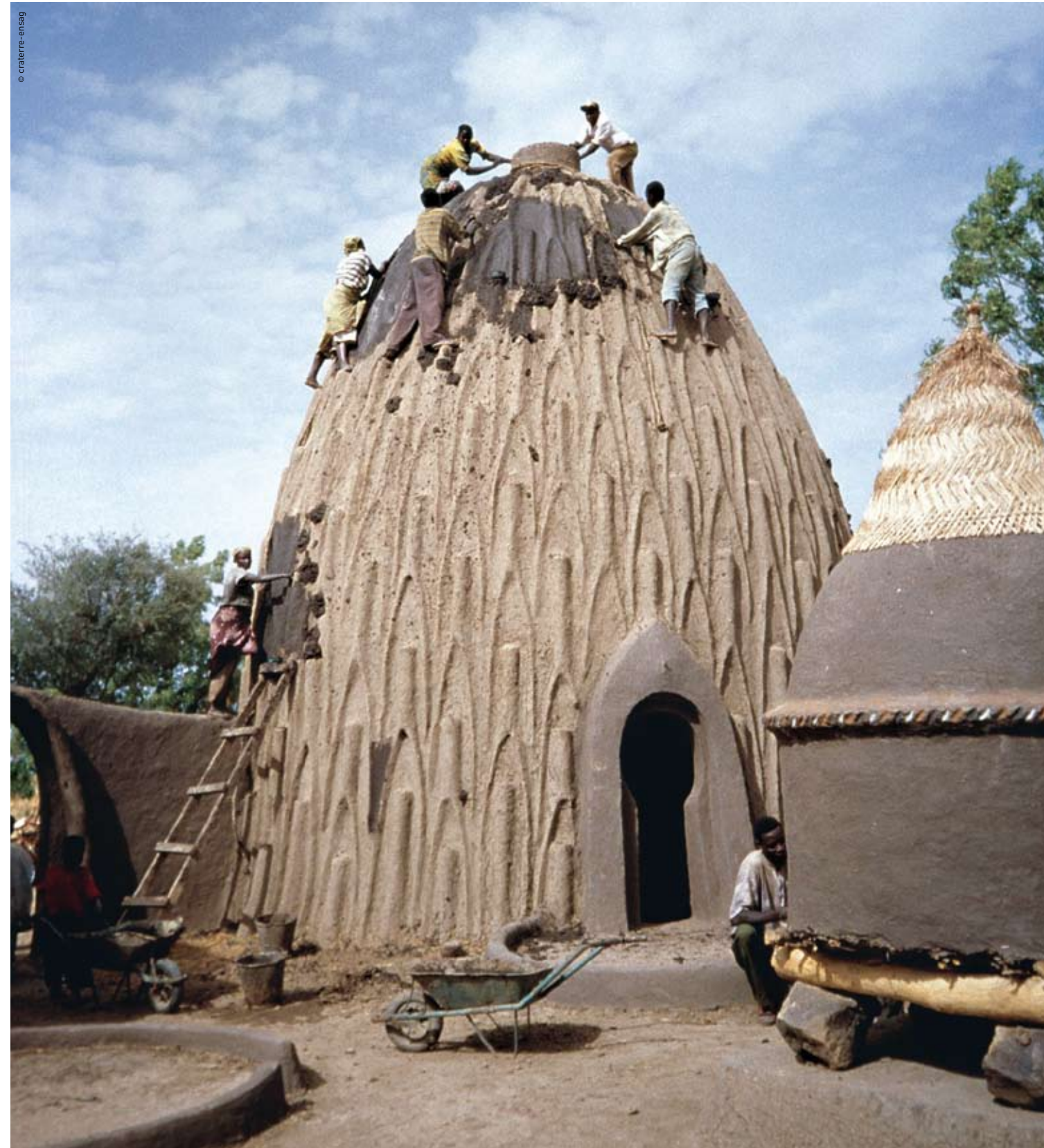
HABITATIONS CHIPAYAS, BOLIVIE

Ces maisons traditionnelles Chipayas près de la frontière avec le Chili tendent à disparaître à cause de l'exode des jeunes générations vers les villes.



ÎLE DE SAÏ, SOUDAN

Les femmes réalisent ces sols traditionnels pour des raisons décoratives, en terre stabilisée au crottin d'âne.



« TÔLÉK », CAMEROUN

Il reste peu d'exemples de ces cases-obus baptisées tôleks, aujourd'hui symboles de la culture Mousgoum au Cameroun.





MOSQUÉE D'AGADEZ, NIGER

Construit au début du XVI^e siècle par des maçons de la ville sous la direction de l'architecte Zakaria, le minaret de la grande mosquée domine la ville du haut de ses 27 mètres.



MOSQUÉE, AFRIQUE DE L'OUEST

Au Mali et au Burkina Faso, les édifices religieux offrent une belle diversité tout en ayant des logiques de construction et d'entretien similaires.



KASSENA, BURKINA FASO

Les enduits muraux, constitués d'un mélange de terre et de décoction de néré, un fruit local, sont ensuite décorés par les femmes. La teinte noire est obtenue à partir de poudre de graphite ou de goudron, et le blanc à partir de talc.

Habiter la terre

Manifeste pour le droit de construire en terre crue

Les magazines *EcologiK* et *Architectures à vivre* s'associent à CRAterre, l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble et la chaire UNESCO pour lancer un appel à la solidarité afin de défendre le droit de construire en terre crue. L'emploi de ce matériau concilie en effet la culture avec le social, l'écologie et l'économie, piliers du développement durable. Ce manifeste revendique la valeur universelle des architectures de terre à la fois comme patrimoine mondial et comme solution contemporaine incontournable pour un futur éco-responsable.

Depuis onze millénaires, l'humanité fait preuve d'une étonnante capacité à bâtir en terre crue, depuis les simples habitations jusqu'aux palais et aux villes entières. Aujourd'hui, dans des contextes et des territoires très variés, ce matériau de construction reste toujours le plus utilisé puisque un tiers de la population mondiale vit dans un habitat en pisé, briques d'adobe, torchis, bauge ou encore blocs comprimés.

Modestes ou monumentales, ces architectures sont présentes dans 190 pays : elles témoignent d'une qualité de vie au quotidien et d'innovations techniques qui mêlent étroitement savoir-faire et audace, art et virtuosité. Alors que ces constructions sont régulièrement découvertes ou redécouvertes par les professionnels et le grand public, certains les refusent, les détruisent, voire les interdisent au nom de nouvelles normes de construction pour l'habitat d'aujourd'hui et de demain.

Il existe de multiples réalisations architecturales contemporaines en terre, généralement bâties de façon solidaire, qui sont exemplaires, innovantes et belles. Bien qu'elles répondent complètement à ce que nous souhaitons pour notre temps et pour les générations futures, elles sont souvent négligées, dévalorisées ou ignorées.

Nous affirmons donc que face aux enjeux cruciaux liés à la préservation de l'environnement naturel, à la diversité culturelle et à la lutte contre la pauvreté, l'utilisation du matériau terre est incontournable et irremplaçable. Nous revendiquons le droit de construire en terre parce que chaque être humain a droit à un logement adapté à ses besoins et à ses ressources. L'habitat et l'urbanisme de demain doivent répondre durablement à cette aspiration.

Signataires

CRAterre-ENSAG, Chaire Unesco Architecture de terre, EcologiK, Architectures à vivre, Dominique Gauzin-Müller, Jean Dethier, Anna Heringer, Martin Rauch, Francis Diébédo Kéré, Marcelo Cortes, Rick Joy, Réseau PROterra, Jana Revedin, agence Lipsky et Rollet, Philippe Madec, Marie-Hélène Contal, AsTerre et des dizaines de professionnels d'Argentine, de Bolivie, Corée du Sud, Espagne, Iran, Irak, Italie, Japon, Maroc, Mexique, etc.

Signatures sur le www.manifesterre.net

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est repenser à la fois globalement et localement l'emploi des ressources de notre planète, en associant terre, eau et soleil dans un véritable défi technique, culturel, social, économique et environnemental.

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est défendre le droit de mettre en œuvre un matériau de construction naturel et écologique, abondant, facilement disponible et accessible au plus grand nombre, afin de permettre aux plus démunis de bâtir leur habitat « avec ce qu'ils ont sous les pieds ».

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est promouvoir les ressources locales, à la fois humaines et naturelles, améliorer les conditions de vie, valoriser la diversité culturelle et maintenir les systèmes d'entraide sociale pour la construction et l'entretien du cadre bâti.

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est employer un « béton naturel » qui offre une réelle alternative écologique et économique face à des matériaux et des procédés de production nocifs pour l'environnement.

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est revaloriser, adapter et transformer plus de 11 000 ans de connaissances et de savoir-faire, et associer un matériau séculaire à une architecture innovante.

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est reconnaître la valeur culturelle du bâti vernaculaire, s'opposer aux destructions et encourager la réhabilitation d'un bâtiment en respectant le matériau et l'expression architecturale.

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est poursuivre le développement de l'art de bâtir et sa mise en forme complexe dans un ensemble unissant architecture, esthétique et décoration.

CONSTRUIRE EN TERRE

c'est développer l'innovation pour optimiser le matériau, simplifier les mises en œuvre et produire de nouvelles architectures.

L'objectif de ce manifeste en faveur de la construction en terre est de :

- faire sauter les verrous et les blocages dus à une réglementation et à des normes totalement inadaptées au matériau et à ses usages ;
- favoriser la formation de professionnels pour la construction contemporaine et traditionnelle, la restauration et la conservation du patrimoine en terre crue ;
- approfondir la recherche scientifique sur la matière, le matériau, les techniques de production, la conservation du patrimoine et l'architecture contemporaine afin d'améliorer la qualité du logement ;
- enseigner l'architecture de terre comme une discipline à part entière, en particulier dans les écoles d'architecture, d'ingénieurs et les formations en sciences humaines.

En lançant « Habiter la terre : manifeste pour le droit de construire en terre crue », nous faisons le pari de l'innovation afin de relever le défi majeur d'une architecture éco-responsable dans les pays du Sud comme dans ceux du Nord.

Le CRAterre L'expérience made in France

Fondé en 1979 à Grenoble, au sein de l'École d'architecture, le CRAterre (Centre international de la construction en terre) concentre ses activités sur le plus écologique, le plus courant et le plus méconnu des matériaux de construction. Depuis trente ans, cette équipe interdisciplinaire développe une approche progressiste qui a mis en synergie culture et science, écologie et société, construction et humanisme.

À l'origine du CRAterre, il y a les audaces et le talent d'une petite équipe qui veut comprendre et valoriser les vertus d'un matériau omniprésent : la terre crue. Bien que deux milliards de nos contemporains vivent dans des habitats bâtis avec cette matière brute, celle-ci demeure quasi ignorée des architectes. Longtemps méprisée, elle était a priori considérée comme antinomique de progrès, modernité et confort.

Si cette ressource naturelle bénéficie désormais d'une consensuelle réhabilitation, c'est largement grâce au CRAterre et à ses actions. Sa démarche initiale – pionnière et pragmatique – se fonde sur les témoignages universels de l'architecture vernaculaire. Ainsi commence une minutieuse analyse prospective pour en interpréter l'intelligence constructive.

De cet inventaire critique des multiples techniques de construction anciennes et récentes, est né en 1989 le *Traité de construction en terre*, une remarquable synthèse d'une exhaustivité encyclopédique qui met enfin à la disposition de tous les bâtisseurs les savoir-faire indispensables pour utiliser au mieux cet éco-matériau.

Innovations technologiques et recherches

Au lieu d'enfermer ces savoirs dans le seul champ de la technologie, l'équipe invente et met en pratique la notion progressiste et contextualiste de « culture constructive » : une clef interdisciplinaire pour comprendre la créativité architectonique mise en œuvre par les diverses civilisations qui lui ont donné vie. Cette démarche fonde la volonté du CRAterre d'assumer la jonction entre sciences, cultures et pédagogies. Sur la base de ces patientes recherches, le groupe rationalise les logiques techniques ancestrales et en invente de nouvelles. Outre ces innovations, il initie des recherches scientifiques pour comprendre les spécificités géologiques, physiques et chimiques du matériau, afin d'en améliorer les comportements et usages constructifs.

La valorisation du patrimoine

Le CRAterre s'implique aussi dans des actions de valorisation des patrimoines anciens. Mais, au lieu de considérer la restauration comme une fin en soi, il utilise cet héritage comme un levier du développement local. Il s'agit d'aider les communautés concernées à réinvestir

leur identité par le biais de leur propre culture architecturale, de stimuler une réappropriation des savoir-faire constructifs, de les adapter aux exigences nouvelles et d'assurer la formation d'artisans afin de permettre à ces groupes d'assumer aussi bien la réhabilitation de leurs patrimoines que la construction de leurs habitats. Toutes ces actions, qui régénèrent une diversité culturelle laminée par l'exportation inconsidérée du modèle occidental, visent à favoriser l'épanouissement non pas d'un culte passéiste des traditions, mais d'une créativité vernaculaire contemporaine. Avec l'Unesco, le CRAterre agit aussi en faveur de la valorisation des œuvres les plus remarquables du « Patrimoine mondial » : sur les 714 sites architecturaux et urbains classés, 120 sont bâtis en terre.

Priorité à l'habitat social

Sur le plan éthique, politique et civique, les actions du CRAterre matérialisent sur le terrain une solidarité avec les populations à très faible revenu. Son objectif est d'affronter le problème de la crise abyssale de l'habitat qui affecte les plus démunis, au sud comme au nord, en valorisant les savoir-faire des populations locales. Cette



Œuvre architectonique en terre crue réalisée par l'artiste Allemand Daniel Duchert aux Grands Ateliers de l'Isle-d'Abeau.



Durant le Festival Grains d'Isère créé en 2003, les Grands Ateliers de L'Isle d'Abeau réunissent aussi bien des étudiants des écoles d'architecture et d'ingénieurs (à droite) que des enfants des écoles primaires et lycées du département de l'Isère (à gauche). Tous – chacun à son niveau – s'adonnent aux plaisirs de bâtir en terre en expérimentant concrètement les spécificités et qualités de cet éco-matériau.



Hameau rural réalisé par l'architecte Léon Attila Cheyssial avec les artisans de la coopérative d'usagers-bâisseurs Musada (« travailler ensemble ») initiée et animée par le CRAterre, en liaison avec la Société immobilière de Mayotte. De tels ensembles ont été édifiés en terre crue à travers toute l'île de Mayotte (Océan Indien). Vu son succès et son efficacité, cette logique d'auto-construction encadrée de l'habitat social a été généralisée par le CRAterre dans divers autres pays d'Afrique.

stratégie a été expérimentée avec succès dans de nombreux pays d'Afrique, dans d'autres régions du monde, et portée à son point d'orgue dans l'île de Mayotte. Là, en symbiose avec les acteurs locaux, a été initiée à l'échelle régionale une ample dynamique sociale et économique qui a abouti à la formation d'une main-d'œuvre qualifiée, regroupée en coopérative d'artisans. Les centaines d'emplois créés ont permis d'encadrer des milliers d'habitants qui, en autoconstruction assistée, ont construit plus de 15 000 logements en terre. Ce programme demeure le plus exemplaire mené à bien en Afrique. L'équipe s'implique aussi en France dans des actions pilotes de logement social comme le quartier pionnier du « Domaine de la Terre » (lire p. 68) ou l'hébergement d'urgence pour SDF¹.

Une ressource qui doit rester utilisable par tous

L'expérience tirée des multiples projets menés à bien dans une cinquantaine de pays se double d'une connaissance juridique des textes qui conditionnent les usages constructifs de la terre. Elle confère au CRAterre une notoire légitimité pour dénoncer l'hypocrisie qui vise – de manière délibérée – à priver les populations les plus démunies de l'usage de ce matériau essentiel pour leur habitat, alors qu'il doit rester universellement et librement utilisable par tous. Telle est la revendication du manifeste *Habiter la terre* que lance le collectif (voir p. 60). L'ONU a en effet reconnu dès 1996 que seul l'usage approprié des ressources naturelles locales et en priorité la terre – permet d'affronter la crise majeure du logement qui affecte un milliard d'individus. Cela suppose la lucidité et la capacité de concevoir de nouveaux modèles d'habitat au coût ultra-minimaliste de 30 euros/mètre carré. « C'est possible, affirme le CRAterre, mais cela implique une double révolution : celle de l'abolition des réglementations abusives et celle de la formation des concepteurs et artisans aptes à relever ce défi sans précédent dans la pratique des architectes. »

Une dynamique éducative éco-responsable

L'équipe a inventé une dynamique pédagogique novatrice d'une remarquable efficacité, véritable laboratoire des éco-

habitats de demain. Elle se déploie à l'École d'architecture de Grenoble et aux Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau, son récent « prolongement » dédié à de très stimulantes expérimentations en vraie grandeur. Outre les formations initiales, le laboratoire CRAterre dispense depuis 1986 l'unique enseignement post-diplôme existant dans le monde sur les architectures de terre². Soucieux de partager ses acquis par le biais de la chaire Unesco « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable », il les transmet à une vingtaine d'universités du Sud, donnant vie à un réseau mondial de compétences, riche de plus de 2 000 architectes, ingénieurs, entrepreneurs et artisans initiés aux plus exigeantes pratiques constructives.

Du marginal à l'essentiel

« Les grands mouvements de transformation commencent toujours de façon marginale, déviante, modeste, voire invisible. » Ce constat d'Edgar Morin s'applique bien aux mutations décisives initiées par le CRAterre. Trente ans après sa fondation, les signes de reconnaissance vis-à-vis de son prolifique et multiforme bilan d'action se multiplient. La Cité des sciences et de l'industrie³, à Paris, cautionne aujourd'hui ses recherches et découvertes en lui consacrant l'exposition « Ma terre première : pour construire demain ». Ainsi notamment se trouvent confirmés la valeur pionnière des actions du CRAterre⁴ et leurs apports bénéfiques pour réhabiliter, valoriser et optimiser la ressource inestimable que nous foulons quotidiennement sous nos pieds. La terre crue est enfin vécue comme un matériau de construction irremplaçable, porteur de notre avenir écologique. ☒

jean dethier

1 Voir *EcologiK* n° 03, « Architecture du lien », p. 74 à 83.
2 Voir p. 91.
3 « Ma terre première : pour construire demain », exposition présentée jusqu'au 27 juin 2010 à Paris à la Cité des sciences et de l'industrie (www.cite-sciences.fr).
4 L'ensemble des actions de CRAterre sont référencées sur <http://terre.grenoble.archi.fr>.



Au lieu d'enfermer les savoirs dans le seul champ de la technologie, le CRAterre a inventé et mis en pratique la notion contextualiste de « culture constructive ».

Retour d'expérience

Le Domaine de la Terre



En 1985, dans la ville nouvelle de L'Isle-d'Abeau, à 30 kilomètres de Lyon, un quartier expérimental explore une voie de construction alternative pour des logements sociaux en déclinant le matériau terre sous toutes ses formes. Une aventure unique, qui n'a toujours pas été réitérée aujourd'hui.

Voilà près de vingt-cinq ans naissait un quartier improbable, que d'aucuns qualifieraient encore aujourd'hui d'utopique : le Domaine de la Terre. Un ensemble de soixante-cinq logements sociaux composé de maisons individuelles et de petits collectifs disposés à flanc de colline. Son originalité : son matériau de construction, la terre, qui n'avait alors jamais donné lieu à un projet d'une telle envergure en France. Le Domaine a été bâti sur les hauteurs de Villefontaine, une commune qui fait partie de L'Isle-d'Abeau, ville nouvelle érigée en 1970 sur des terrains agricoles.

Une volonté sans faille et un site propice

Si cette ville nouvelle ne déroge pas à la règle de l'époque – le béton y règne en maître –, un constat s'impose dès 1980 : « Au lendemain de la deuxième crise mondiale du pétrole, il est nécessaire de chercher des alternatives aux matériaux de construction industrialisés dévoreurs d'énergie fossile », affirme l'architecte belge Jean Dethier, qui prépare alors l'exposition « Des architectures de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire » au Centre Pompidou à Paris. Énorme succès auprès des visiteurs, même si certains restent sceptiques. « Il était indispensable, conclut-il, de compléter l'exposition par une démonstration en vraie grandeur pour que la terre n'apparaisse pas seulement comme une élucubration d'intellectuels. » Reste à trouver un site pour ce projet pilote. Ses pas le mènent naturellement en région Rhône-Alpes qui possède un patrimoine en terre parmi les plus abondants d'Europe. L'architecte entraîne dans l'aventure le Centre international de construction en terre (CRATERRE) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) de Grenoble, l'École nationale des travaux publics d'État (ENTPE) de Lyon et Socotec, qui apporteront leur expertise technique. Pascal Vicedo, alors directeur de l'OPAC 38, convaincu de la qualité du matériau, engage l'Office dans l'opération.

Un village école

Le programme se donne dès le début l'objectif ambitieux d'expérimenter différents modes de construction : pisé, parpaings de terre crue et terre-paille sur ossature bois.



300 habitants sont logés dans l'ensemble de logements sociaux, inspirés des villes nouvelles nordiques comme Tapiola en Finlande. Architectes : F. Confino, S. Jaure et J-P. Duval.



Une placette, proche du point culminant du Domaine, constitue un espace de jeu où se retrouvent les enfants du voisinage.





Le bâtiment des architectes Gilles Perraudin et Françoise-Hélène Jourda reprend le principe des hangars agricoles alentour. Sa compacité associée à un mur en pisé garantit un niveau de déperdition thermique minimal.



Cinq logements mitoyens en pisé, « fédérés » par une ample toiture réactualisant l'un des principes constructifs de l'habitat vernaculaire régional de la Beauce et de l'Isère. Architectes : Odile Perreau-Hamburger, J-M. Savignat et E. Monteau.

Les trois hectares du site sont répartis en onze îlots que se partagent dix équipes d'architectes sélectionnées sur concours. Celles-ci sont novices dans la maîtrise d'une ressource mal connue, et les entreprises qui vont les accompagner font également leurs premiers pas. « Si l'opération est complexe, elle n'attire pas moins de soixante-douze entreprises et bureaux d'études : un chiffre record pour un acte isolé dans le logement social ! » souligne Patrice Doat, directeur scientifique de CRAterre. Car l'enjeu est de former des architectes et des artisans pour recréer une filière disparue. Forts de leur expérience, ils devront contribuer à diffuser très largement le matériau. Le Domaine de la Terre sera une vitrine destinée à lui redonner de la modernité. En 1985 et pendant les quelques années qui suivent, les visiteurs affluent en effet du monde entier pour découvrir le quartier.

Bilan vingt-cinq ans plus tard

La terre a tenu ses promesses. Le matériau vieillit bien. « On a l'impression d'être à mille lieues d'une ville nouvelle, s'enthousiasme Geneviève Mitha Cornier, directrice de l'agence Villefontaine de l'OPAC 38. C'est un quartier réputé, qui a une bonne image et qui ne subit aucune dégradation. Il reste une référence du point de vue de sa vocation sociale. » Les performances énergétiques des logements, elles, sont plus contrastées, quoique globalement meilleures que celles des logements sociaux de l'époque. Le pisé présente un gain de performance thermique de 20 % par rapport aux standards. Grâce à son inertie thermique et son bon comportement hygrométrique, il offre un très bon confort global. Mais, « en 1985, les techniques étaient trop peu maîtrisées, déplore Alain Gratier, directeur des marchés à l'OPAC 38. Il y a eu des contentieux en raison de la multiplication des équipes d'architectes et donc des entreprises. C'était une erreur de vouloir cumuler les expérimentations ». En 1987, l'ONU élèvera ce quartier urbain au statut « d'opération-pilote de portée internationale ».

La terre crue, une perspective d'avenir ?

Le Domaine de la Terre est resté sans équivalent dans l'hexagone. Laurent Beaugiraud, responsable du service maîtrise des charges à l'OPAC 38, pointe du doigt la responsabilité des pouvoirs publics, qui « ne se sont pas mobilisés pour suivre l'opération, tirer les bilans et s'engager dans sa diffusion ». Les coûts liés à la construction en terre n'ont pas paru compatibles avec l'économie des programmes de logements sociaux ; alors que l'image de la qualité technique d'un matériau vient entre autres de la capacité à le mettre en œuvre, les architectes et les entreprises compétentes restent encore trop peu nombreux. Pourtant, les entreprises compétentes défendent justement l'économie à long terme que présente la terre grâce à l'absence de peinture, d'enduit et d'entretien pendant plusieurs dizaines d'années.



L'enjeu est de former des architectes et des artisans pour recréer une filière disparue.

L'usage du matériau est ici élargi aux maçonneries circulaires entourant les quatre cages d'escalier qui animent ainsi la façade. Architecte J-V. Berlottier.

En dépit de quelques critiques, l'expérience du Domaine de la Terre a joué un rôle décisif pour le développement de la construction en terre crue en Europe, particulièrement en Allemagne, en Autriche et en Suisse. En France, la filière piétine toujours malgré des techniques très largement éprouvées : comment la sortir de la confidentialité où elle reste confinée ? « Une piste est peut-être la préfabrication de blocs de pisé », suggère Gilles Perraudin, l'un des architectes du Domaine. Une technique pratiquée aujourd'hui en France par l'entreprise Caracol, ou encore en Autriche par Martin Rauch, figure incontournable de l'architecture contemporaine en terre. Il y a vingt-cinq ans, cette ébauche d'écoquartier matérialisait une audace bien en avance sur son temps, en valorisant un matériau qui court-circuite la logique industrielle, sa dépendance énergétique et ses émissions de CO₂. ☒

pierre lefèvre
photos : cécile champy

Architectes de l'opération

Jean Vincent Berlottier ; Groupe Aura ; Groupe Ersol ; Serge Jaure, François Confino et Jean-Pierre Duval ; Françoise-Hélène Jourda et Gilles Perraudin ; Uriel Moch, Patrice Carle et Georges Chavance ; André Ravereau et Michel Charmont ; Jean-Michel Savignat, Odile Perreau Hamburger et M. Munteau ; Atelier 4, Paul Wagner, Nicolas Widmer et Serge Theuninck ; Atelier 85, François Galard et Laurence Guibert.

i

Pour en savoir plus
www.capi38.fr/Domaine-de-la-Terre.html.

La physique des grains

Entretien avec Romain Anger et Lætitia Fontaine

C'est une démarche quasi unique au monde : le laboratoire CRAterre comprend une équipe scientifique qui étudie, en partenariat avec l'Institut national des sciences appliquées (Insa) de Lyon, la physique et la chimie des grains et des argiles pour mieux comprendre, à l'échelle de la construction, les propriétés du matériau terre. Une façon de s'approprier un champ d'études traditionnellement réservé au génie civil et à la mécanique des sols. Rencontre avec Romain Anger et Lætitia Fontaine, deux physiciens qui mènent des actions de vulgarisation auprès des architectes comme du grand public.

EcologiK : Qu'est-ce qui fait tenir un mur en terre ?

Romain Anger et Lætitia Fontaine : La terre est un matériau constitué de grains – les sables, graviers, cailloux, silts – agrégés par de l'argile, son « ciment ». Mais à l'échelle nanoscopique, l'argile est elle-même constituée de plaquettes, invisibles à l'œil nu, reliées entre elles par des ponts liquides. L'eau est donc son véritable liant. C'est un résultat fascinant lorsqu'on sait qu'elle est aussi son ennemi par son pouvoir de la transformer en boue ! La cohésion est plus précisément assurée par la combinaison entre diverses forces, dues à la présence d'eau et d'air.

EK : Quel sont les avantages d'un béton d'argile comparé à un béton de ciment ?

RA et LF : La grande qualité physique de la terre est sa totale recyclabilité. En fin de vie d'un bâtiment, elle peut soit être broyée et mélangée de nouveau à l'eau pour fabriquer un matériau neuf, soit retourner à la terre sans laisser de traces. Une autre de ses qualités réside dans son inertie thermique, qui provient de l'eau piégée entre les argiles. Au fur et à mesure de la journée, les transferts évaporation-condensation correspondent à des échanges de chaleur. La terre suit le même principe que la transpiration, qui nous aide à garder une température constante quand celle de l'extérieur augmente. Les variations sont écrêtées. Ni la brique cuite ni le béton ne possèdent cette qualité. Finalement, la terre constitue un matériau à changement de phase (MCP) naturel ! Pour les MCP industriels, des billes de paraffine sont injectées : lorsque

cette cire fond – entre 23 et 26 °C –, l'échange de chaleur augmente l'inertie thermique globale. Dans le cas de la terre, l'eau naturellement contenue dans la masse s'évapore ou se condense, donc change de phase, en fonction des variations thermiques.

EK : Que se passe-t-il alors quand un mur sèche ?

RA et LF : Il ne sera jamais absolument sec, il restera environ 1 % d'eau, une quantité qui varie à la fois au cours de la journée et de l'année. Il subsiste donc toujours des molécules d'eau autour des plaquettes d'argile, quelles que soient la température et l'hygrométrie du lieu où l'on se trouve. Pour la faire disparaître définitivement, il faudrait chauffer la terre à environ 300 ° Celsius. Quant à l'air, la compression le chasse entièrement du matériau lors de la fabrication du pisé, alors que l'eau remplit toute la porosité. Un test mécanique appliqué à un mur tout juste décoffré donnerait une valeur relativement faible. Toute la solidité et la résistance de l'édifice vont se constituer en séchant, lorsque la majeure partie de l'eau sera évaporée et remplacée par de l'air, faisant apparaître des ponts capillaires qui apportent de nouvelles forces de cohésion.

EK : Comment se prémunir des risques de dégradation ?

RA et LF : La principale menace concerne la sensibilité à l'eau et à l'érosion. La manière la plus évidente de s'en prémunir est de « soigner » l'architecture – des fondations jusqu'aux débords de toitures. La deuxième manière consiste à réaliser des enduits de protection, à la chaux principalement ; la troisième – à éviter autant que possible selon nous – consiste à stabiliser la terre, c'est-à-dire à la transformer en un matériau plus résistant, ne craignant pas l'eau. Le plus souvent, en mélangeant la terre à la chaux ou au ciment, dans des proportions

« En ajoutant ne serait-ce que de très faibles quantités de stabilisants naturels, nous parvenons à décupler la résistance initiale de la terre. »

réduites, de l'ordre de 3 à 5 %, ou sinon en utilisant des systèmes de stabilisation naturelle, dans lesquels des produits naturels organiques sont ajoutés. Des recettes existent dans tous les pays. Les plus classiques sont le blanc d'œuf, les décoctions de plantes ou la caséine.

EK : Quelles sont les pistes de recherche ?

RA et LF : Des chercheurs de l'Université de Mopko, en Corée du Sud, obtiennent avec la terre des performances analogues au béton de ciment. Pas au niveau du gain de résistance mais sur des propriétés de texture telles que celles des produits de type béton autonivelant. Les scientifiques ont trouvé des additifs qui facilitent ainsi la mise en œuvre de la terre et offrent un important gain de temps. Les principes physiques en jeu sont identiques à ceux des super-plastifiants (ou réducteurs d'eau, dispersants), mais nous n'avons pas accès aux formulations utilisées par le laboratoire en question.

EK : Le CRATERre travaille-t-il sur ce type d'innovations ?

RA et LF : Nous avançons sur deux axes de recherche : la liquéfaction de la terre sans ajout d'eau et une meilleure compréhension des stabilisants organiques. L'intérêt du premier axe est de pouvoir utiliser des outils de malaxage moins robustes, moins lourds, comme de simples bétonnières, facilitant sa mise en œuvre. Quant aux stabilisants organiques, il s'agit en fait d'un travail portant sur les colles naturelles. Nous substituons à l'eau un autre « agglomérant », constitué de molécules de très grande taille capables de relier plusieurs particules d'argile entre elles, une technique appelée le pontage. Ces « spaghettis » microscopiques se fixent à plusieurs particules à la fois et adhèrent plus fortement. L'École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE Lyon) a réalisé des essais spectaculaires en étudiant la caséine mélangée à une terre de la région Rhône-Alpes : en n'ajoutant qu'1 à 2 % de caséine, elle a obtenu une résistance de 10 mégapascals (MP). C'est énorme ! Le résultat se rapproche de celui des bétons, qui se



Résistance : l'expérience de ce château de sable permet de comprendre l'intérêt du compactage progressif du pisé : quand le contenu d'un gobelet tassé en une fois à la main ne résiste pas, une fois démoulé, à un poids de 500 g (dans une expérience précédente), celui-ci, rempli petit à petit en compactant de fines couches de sable les unes après les autres avec un semblant de psoir, supporte, une fois démoulé, un poids de 3 kg !

situe entre 20 et 40 MP. En ajoutant ne serait-ce que de très faibles quantités de stabilisants naturels, nous parvenons à décupler la résistance initiale de la terre.

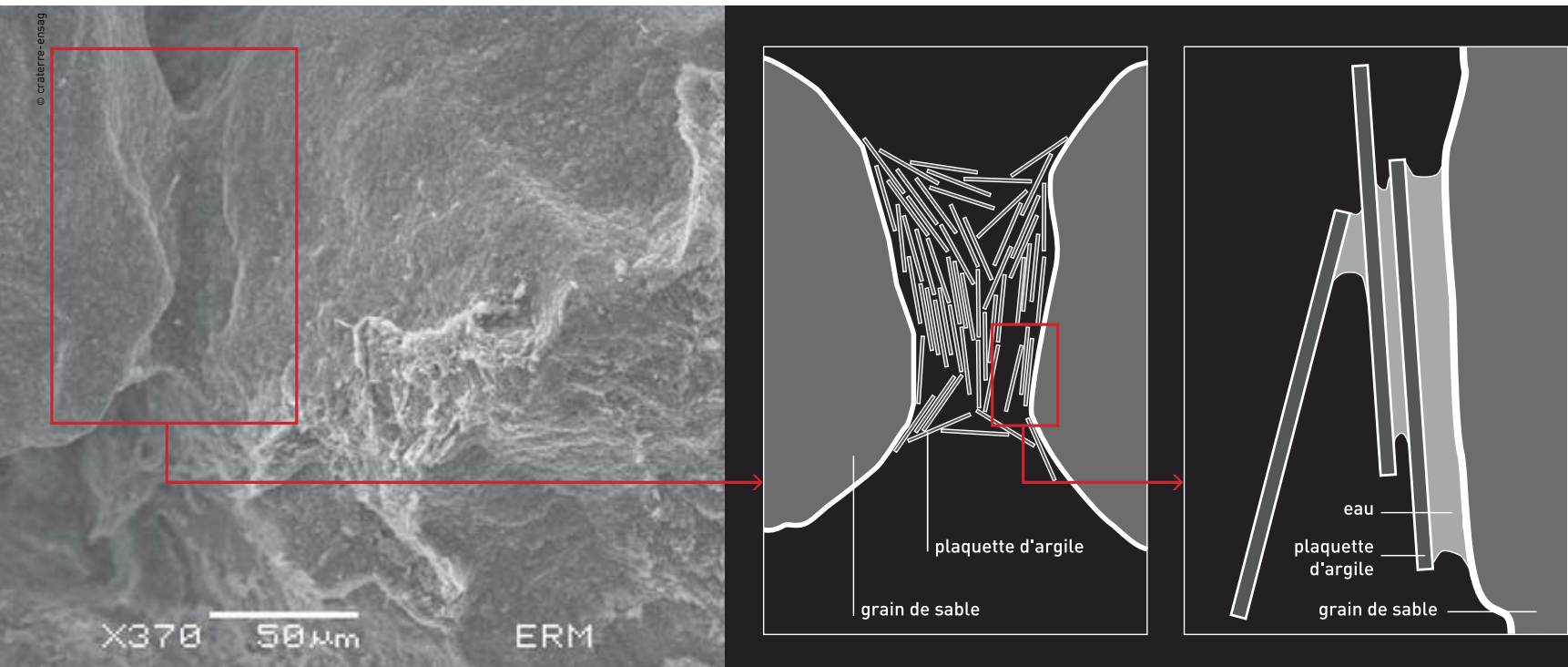
EK : Dans le livre *Bâtir en terre*, vous mettez en avant l'échelle nanométrique des argiles pour la comparer à d'autres matériaux ultra-résistants. Pourquoi ?

RA et LF : La science s'est très peu intéressée à la terre en tant que matériau de construction alors que tous ses composants – grains, argiles et eau – font partie des champs de recherche les plus en vogue. Avec les argiles, les industriels et les chercheurs aboutissent à des résultats extraordinaires comme la création de cristaux liquides, de nanocomposites argiles polymères, des matériaux hyper-résistants, très sophistiqués et dont la physico-chimie est désormais connue. Malgré des milliers

La France prête à une normalisation de la construction en terre crue ?

Aujourd'hui, aucune règle professionnelle d'exécution n'est rédigée pour la construction en terre crue. Cette situation limite considérablement les projets des architectes et des entrepreneurs faute de pouvoir garantir la qualité des réalisations. Pour notre mission à Mayotte (lire p. 68), nous avons élaboré une norme pour les BTC en partenariat avec le CSTB et les acteurs locaux, mais ni le pisé, ni la bauge, le torchis, l'adobe ou les enduits n'ont bénéficié du même travail. L'Association nationale des professionnels de la terre crue (AsTerre) s'est donc manifestée et vient d'obtenir l'accord du ministère de l'Écologie pour formaliser les savoir-faire professionnels capitalisés depuis trente ans. C'est un grand pas en avant ! Un comité de pilotage comprenant plusieurs experts est déjà constitué et une version définitive définissant les bonnes pratiques est attendue pour 2010 ou 2011. Après le chanvre, la terre crue et la paille vont enfin bénéficier de règles professionnelles qui pourraient servir de base à l'élaboration d'un futur DTU.

Patrice Doat, architecte, co-fondateur du laboratoire CRATERre, professeur à l'ENSAG.



L'analyse de ce pont argileux reliant deux grains de sable, observé au microscope électronique, montre qu'il est constitué de particules solides liées entre elles par des ponts capillaires. Le véritable liant de la terre est donc l'eau.

d'applications industrielles, ces connaissances ne sont pas du tout exploitées pour défendre les intérêts de la construction en terre et, par exemple, souligner sa résistance. Considérons la nacre : au microscope, sa structure est presque identique à celle des argiles. Seule la façon dont leurs plaquettes sont organisées les différencie. Dans ce matériau très résistant, toutes les matières sont alignées face contre face avec un mortier de molécules organiques naturelles qui lie l'ensemble. Depuis longtemps, les scientifiques rêvaient de la synthétiser. Pour cela, ils ont utilisé de l'argile et des molécules naturelles ! Autre exemple, l'hydrate de ciment, colle principale du ciment. Ces silicates de calcium hydratés (CSH) représentent des particules dont la structure atomique ressemble étonnamment à celle des argiles : des feuillets d'épaisseur nanométrique, séparés par un milieu dans lequel il y a de l'eau. Ces feuillets sont chargés négativement, des ions positifs se glissent entre eux et créent des interactions électrostatiques. Mais si elles sont défavorables dans le cas des argiles, elles créent des forces de cohésion énormes chez les CSH. Cette seconde comparaison sert à comprendre la nature fondamentale des matériaux, leurs différences infimes et leurs propriétés à l'échelle humaine : comment deux matériaux qui se ressemblent autant à l'échelle microscopique permettent, dans un cas, de faire des matériaux résistants comme l'acier, et dans l'autre, un matériau qui peut se transformer en boue dès qu'il est plongé dans l'eau ? Quand on introduit du ciment ou de la

chaux dans la terre, les argiles sont chimiquement attaquées, transformées, en ces fameux CSH. C'est une transformation lourde, énergivore et souvent absurde de la matière. Les nanosciences profitent de cette similitude pour transformer la matière de manière infime, avec beaucoup moins d'énergie et beaucoup plus de précision. Il s'agit d'une piste essentielle pour une utilisation intelligente du matériau terre. ☒

Propos recueillis par Clémence Mathieu

Romain Anger et Lætitia Fontaine sont ingénieurs-chercheurs au laboratoire CRAterre. Ils s'intéressent aux relations entre la microstructure et les propriétés macroscopiques du matériau terre. Ce sont les auteurs du programme « Grains de bâtisseurs », de l'exposition « Ma terre première, pour construire demain » à la Cité des sciences et de l'industrie et du livre *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture* aux éditions Belin. Lætitia Fontaine est lauréate 2008 du prix « Pour les femmes et la science » L'Oréal-UNESCO-Académie des sciences.

Terre contemporaine

L'engouement pour les constructions en terre crue est aujourd'hui international. Les mises en œuvre exemplaires d'un artisan comme Martin Rauch ou le style alternatif de villas privées et d'hôtels chics du globe ont largement contribué à esthétiser l'image de ce matériau « de rien ». Les nouvelles techniques de coffrage et de compactage du pisé, avec leurs strates rappelant les carottes géologiques, ont également apporté du prestige à sa surface rugueuse. La France est en retard sur des pays comme l'Australie, le Canada ou les États-Unis où une réglementation existe depuis plusieurs années et permet des réalisations de grande ampleur. La situation pourrait changer bientôt, quand les règles professionnelles en préparation seront enfin publiées. Du désert américain jusqu'au XIV^e arrondissement de Paris, portrait d'un matériau en pleine renaissance.

HÔTEL AMANKORA Bouthan, 2005

Dans les terres himalayennes du royaume du Bouthan, territoire fermé et difficilement accessible aux touristes, l'hôtel en pisé conçu par Kerry Hill architects propose cinq lodges au milieu d'un paysage immaculé. L'agence basée à Singapour mêle ici construction traditionnelle et luxe très haut de gamme, une tendance que l'on retrouve dans la construction d'un grand nombre de villas privées, en Asie et aux États-Unis.





MAISON D'HABITATION EN PISÉ

La Aldea, Medellín, Colombie, 2008

L'architecte Jesús Antonio Moreno, qui a fait ses classes au CRAterre, est l'auteur de plusieurs maisons particulières et bâtiments publics en pisé. Il est l'un des fondateurs et aujourd'hui le vice-président de la Fundación Tierra Viva, très active en Colombie pour le développement et le perfectionnement des constructions en terre crue. Le pays a une tradition d'architecture en torchis qui date d'une époque où le matériau revêtait encore un caractère religieux et mystique. Avec l'arrivée des conquistadors espagnols à la fin du XVIe siècle, le pisé s'est imposé avant de tomber en désuétude face au ciment et au béton. Aujourd'hui, la fondation Tierra Viva participe à l'intégration de la construction en terre aux filières industrielles plus classiques, grâce à la recherche et à la formation professionnelle.

<http://fundaciontierraviva.org>



WORKSHOP STRUCTURES EN TERRE CONTEMPORAINES

Dhaka, Bangladesh, février 2009.

L'École d'architecture de Linz, en Autriche, est notamment célèbre pour le groupe BASEhabitat, à l'origine de la construction au nord du Bangladesh des écoles METI et DESI par l'architecte Anna Heringer, qui ont soulevé beaucoup d'intérêt parmi les professionnels du pays (voir EcologiK n°01 et n°09). En collaboration avec l'*Institute of Architects Bangladesh* (IAB), BASEhabitat a organisé et animé l'hiver dernier à Dhaka, la capitale, un workshop concrétisant la transmission aux architectes locaux de leurs propres savoir-faire oubliés et de techniques plus contemporaines. Parmi les 75 participants, des figures majeures de l'architecture bangladaise côtoyaient employés du gouvernement, clients potentiels, professeurs d'université et étudiants. Ils ont construit en moins de dix jours le pavillon d'accueil et d'information du futur projet d'habitat écologique du *Housing and Building Research Institute Bangladesh* (HBRI) dans la capitale.

www.basehabitat.ufg.ac.at





ARCHITECTURE D'INTÉRIEUR

Boutique Endurance Shop, Paris, 2009

Cycled est une jeune structure française préoccupée par la durée de vie moyenne des magasins à Paris, comprise selon elle entre trois et cinq ans seulement. Les architectes viennent de réaliser un aménagement recyclable pour une marque de vêtements et accessoires de sports outdoor. Le mur en briques de terre comprimée (BTC) tient lieu de présentoir et d'élément de décoration tout en intégrant le câblage pour l'éclairage des modèles de chaussures. Les autres murs de la boutique sont quant à eux protégés par un enduit en terre.

CENTRE CULTUREL DU DÉSERT NK'MIP

Osoyoos, British Columbia, Canada, 2006.

Les apparences sont parfois trompeuses. Ce projet spectaculaire au cœur du désert Osoyoos, signé Hotson Bakker Boniface Haden Architectes + Urbanistes (HBBH), n'est pas des plus authentiques. Le mur en pisé a en effet été construit a posteriori du bâtiment principal, à la demande de la communauté indienne insatisfaite de ne pas se retrouver dans une construction en béton. Il est le résultat d'un mélange de terre locale avec des colorants et un pourcentage de ciment dépassant très largement celui exigé par la norme en vigueur (comprise, comme en Australie, entre 3 et 6 %) ! Le résultat est magnifique mais interroge les règles professionnelles de certains pays et la tentation de s'éloigner d'un matériau absolument écologique et recyclable pour des raisons esthétiques.

<http://hbbharc.com>





MAISON PALMER-ROSE Tucson, Arizona, États-Unis, 1998

Difficile, en plein désert, d'envisager l'architecture autrement que parfaitement intégrée à l'environnement naturel. L'architecte Rick Joy a livré il y a bientôt douze ans une maison qui se fond dans le paysage : les strates de ses murs en pisé (coloré à l'oxyde de fer et stabilisé avec du ciment de Portland) répondent au relief des montagnes de Santa Catalina, sur lesquelles les patios couverts, enceints de murs de terre, offrent une vue imprenable. L'inertie thermique des parois est une première réponse à la chaleur étouffante. Le double vitrage a été conçu spécialement pour le climat désertique : côté jardin, la couche teintée déposée sur la face intérieure d'une vitre isolante, de 1 inch (25 mm), réfléchit les rayons directs et indirects du soleil ; côté habitat, une vitre de ¼ inch (6 mm) avec un revêtement basse émissivité contrôle les transferts de chaleur. La construction démontre la bonne cohabitation entre une structure massive et rustique assumée et un design très contemporain..



MAISON RAUCH Schlins, Autriche, 2008.

À Schlins, petite ville du Vorarlberg, Martin Rauch a déjà construit en 1993 son atelier solaire en terre crue. Il habite maintenant avec sa famille dans une maison de trois niveaux en pisé, conçue avec l'architecte Roger Boltshauser et réalisée en autoconstruction à partir de la terre excavée sur le terrain. Une habitation en béton de la même surface (180 mètres carrés) aurait demandé près de vingt fois plus d'énergie grise. Les murs de 45 centimètres d'épaisseur sont en terre sans adjonction de ciment ni de chaux. Les fines bandes de briques disposées à intervalles réguliers en façade, avec un léger débord, freinent l'érosion et favorisent l'apparition d'une pellicule faisant office de protection naturelle. Le luxe de cette maison réside dans son esthétique à la fois archaïque et raffinée, mais aussi dans la qualité du climat intérieur : régulation de l'humidité et réduction des produits toxiques dans l'air, absorption des bruits et des odeurs, inertie thermique... Cette « cabane en pisé avec des standards de confort européens » illustre la volonté de l'artisan de faire rimer construction en terre et qualité architecturale pour venir à bout des préjugés contre ce « matériau de pauvres ».

www.lehmtonerde.at





ÉCOLE DE MAOSI

Plateau de Loess, Chine, 2007

Le village de Maosi se situe dans l'une des régions les plus pauvres de Chine, là où les sols limoneux sont victimes d'une érosion maximale due à l'ancienne surexploitation agricole. Il regroupe désormais quatre écoles de la région. En remplacement d'un petit local qui accueillait 20 enfants, le gouvernement a dans un premier temps érigé un bâtiment en béton qui s'est révélé inutilisable sous les conditions thermiques extrêmes que connaît le site en été comme en hiver. La nouvelle école permet l'alphabétisation et l'éducation de 450 élèves. Elle est construite selon une méthode traditionnelle qui assemble pierres, briques de terre crue, bois, paille et roseaux, complétés ici par des tuiles de récupération. Pour obtenir une température stable tout au long de l'année en évitant le chauffage au charbon et à la bouse séchée, les architectes, Prof. Ng Edward et Mu Jun, ont travaillé avec des logiciels de simulation dynamique. Parmi les mesures qui découlent de ces études : une toiture sur-isolée, des doubles vitrages exposés plein sud et le semi-enfouissement des façades nord. De quoi contrer une température de -40°C. Le budget alloué par le client donateur était volontairement très limité afin que la réalisation soit reproductible. Ng Edward préside la fondation humanitaire Wu Zhi Qiao qui a lancé avec le ministère de la Construction, après le séisme au Sichuan en 2008, un programme d'auto-reconstruction en terre consistant à délivrer savoir-faire et aide financière aux villageois de Maan. www.edwardng.com





ÉCOLE DES ARTS, UNIVERSITÉ AUTONOME BENITO JUAREZ Oaxaca, Mexique, 2008.

À Oaxaca, magnifique ville mexicaine, il fait souvent si chaud qu'il est difficile de rester dehors. Grâce à l'utilisation de murs en pisé, l'atelier d'architecture Mauricio Rocha a réussi à éviter le recours à la climatisation pour la nouvelle école des arts. Épaises de 60 à 70 centimètres, les parois en terre mélangée à 15 % de ciment offrent une bonne isolation thermique et acoustique. Le hall principal et la galerie sont ouverts sur les deux pignons, mais les ateliers, d'une surface moyenne 80 mètres carrés, sont orientés au nord dans un souci de fraîcheur et de qualité de lumière. La ventilation naturelle transversale est assurée par des ouvertures latérales verticales et les grandes baies vitrées du nord. La troisième et dernière étape du chantier concernera la construction d'un bâtiment bordant le champ de jeux datant de la civilisation Mixtec, avant qu'un jardin soit planté pour « envahir » le site et couvrir de végétation les différents volumes.

www.tallerdearquitectura.com.mx/



BIBLIOGRAPHIE



BÂTIR EN TERRE Du grain de sable à l'architecture

Lætitia Fontaine et Romain Anger, Belin, Cité des sciences et de l'industrie, 222 p., 28 x 24 cm, 2009, 30 euros.

Qu'est ce qui, preuves scientifiques à l'appui, fait de la terre crue un matériau à privilégier pour une architecture éco-responsable ? Par une approche pointue, l'ouvrage offre des connaissances spécifiques, complétées par des textes plus généraux sur le patrimoine et l'histoire de ces techniques.



BUILT BY HAND Vernacular building around the world

Bill et Athena Steen, Eiko Komatsu, Gibbs Smith, 472 p., 21 x 24 cm, en anglais, 2003, 50 dollars.

Alors que les sociétés développées prennent à peine conscience de la nécessité de construire avec des matériaux locaux, l'architecture vernaculaire offre des solutions techniques très pertinentes. En terre crue, bambou, paille ou pierre, les projets aussi somptueux que modestes sont admirablement photographiés par Yoshio Komatsu.



EARTH ARCHITECTURE

Ronald Rael, Princeton architectural press, 208 p., 24 x 22 cm, en anglais, 2008, 42 euros.

Ce répertoire de projets contemporains, fidèle en qualité au site Internet www.eartharchitecture.com animé par l'auteur, n'exclue aucune technique de construction en terre crue : pisé, adobe, brique de terre compressée, etc...



TRAITÉ DE CONSTRUCTION EN TERRE

CRAterre (Hugo Houben & Hubert Guillaud), Parenthèses, 1989, 3e édition actualisée en 2006, 356 pages.

HABITER LA TERRE
Le matériau naturel indispensable pour consommer moins et vivre mieux
Jean Dethier, La Découverte & Dominique Carré, à paraître en 2011.

FORMATIONS TERRE CRUE

École nationale supérieure d'architecture de Grenoble DSA architecture de terre

Public : professionnels.
Formation post-master.
- Maîtriser le matériau terre, les procédés de production, les techniques de mise en œuvre et leurs potentialités constructives et architecturales.
- Programmer et mettre en œuvre des projets d'architecture contemporaine et de conservation des patrimoines architecturaux.
- Favoriser l'émergence de nouveaux enseignements spécialisés dans les universités.
Durée : 19 mois, Novembre 2010 à juin 2012.

Tarif : 808 euros.
Contact : colette.ioan@grenoble.archi.fr
t. 04 76 69 83 13
<http://terre.grenoble.archi.fr/documentation/dsapres.php>

Formation Bâtir en terre aujourd'hui

Public : responsables de la gestion des territoires, maîtres d'ouvrage, architectes, maîtres d'œuvre, responsables d'entreprises.
Durée : 3 jours. 10-11-12 février 2010 (à confirmer).
Tarif : 900 euros.
t. 04 76 69 83 35.

Journées de formation de la Briqueterie Barthe à Gratens.

Public : artisans, entrepreneurs, économistes de la construction.
- Maçonnerie en briques de terre crue chanvrée, enduits, finitions et décors en terre crue.
Public : artisans, entrepreneurs, auto constructeurs et particuliers.
- Étude de prix travaux terre.
Durée : un jour.
Tarif : 45 euros.
<http://www.terre-crue.fr/formations.html>
t. 05 61 98 51 01.

Caracol - Écoconstruction à Belmont-Tramonet ou Grenoble. Stage pisé neuf et rénovation / Stage enduits en terre.

Public : Étudiants, particuliers et professionnels.
Caracol, entreprise spécialisée dans l'éco-construction et les réalisations en terre crue, propose deux stages alliant théorie, découverte et pratique.
Durée : 24 heures sur trois jours. Entre mars et mai 2010.
Tarifs : 225, 285 ou 450 euros.
<http://www.eco-caracol.com>
t. 04 76 48 33 47.

EEAM à Albi.

Public : artisans, professionnels et étudiants.
L'École Européenne de l'Art et des

Matières (EEAM) propose deux modules de formations professionnelles.
- Caractéristiques du matériau
- Identification - Gobets - Corps d'enduits.
- Enduits décoratifs de finition.
Durée : 5 jours. À partir de mars 2010.
Tarif : 700 euros l'un, 1100 euros les deux.
<http://www.artematieres.com/>
t. 05 63 33 23 76.

Akterre, enduits et matériaux en terre

Public : artisans, entreprises, revendeurs, maîtres d'œuvres, architectes et particuliers.
La société Akterre dispense des stages pour maîtriser l'application des produits qu'elle distribue par ailleurs.
- Les matériaux en terre prêts à l'emploi.
- Tierrafino Stone®.
- Décoration (enduit de finition en terre et peinture à l'argile).
- Pisé en rénovation et construction neuve.
- Murs chauffant.
Durée : Deux jours. À partir de janvier 2010.
Tarif : Entre 275 et 325 euros.
www.akterre.com/formation
t. 04 76 07 42 05.

CFA BTP à Toulouse. Formation Murs en torchis, briques de terre crues, application d'un enduit terre.

Public : particuliers et professionnels.
Mise en œuvre et théorie pour la réalisation de murs en torchis (terre paille), de briques de terre crue et d'enduits terre, et de structures en balles de paille.
Durée : 21 heures sur trois jours. 95 % théorique 5 % pratique.
t. 05 61 16 85 21.

Le Gabion, centre de formation à Embrun.

Public : Tout public.
Aborder les différentes techniques de construction terre afin de permettre aux participants de réaliser des petits ouvrages (cloisons, murs capteur, four à pain etc) : Pisé, terre coulée, briques, torchis, enduits et peinture terre.
Durée : Modules de 1 à 5 jours.
Tarif : 100 à 400 euros.
<http://gabionorg.free.fr> (détails en février 2010).
t. 04 92 43 89 66.